

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Hatsuo NAGAISHI et al.

Title: KNOCKING INDEX VALUE CALCULATION DEVICE AND CALCULATION METHOD THEREOF

Appl. No.: Unassigned

Filing Date: JAN 14 2004

Examiner: Unassigned

Art Unit: Unassigned

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:


The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

- Japanese Patent Application No. 2003-038018 filed 02/17/2003.

Respectfully submitted,

Date JAN 14 2004

By 

FOLEY & LARDNER
Customer Number: 22428
Telephone: (202) 672-5414
Facsimile: (202) 672-5399

Richard L. Schwaab
Attorney for Applicant
Registration No. 25,479

P-1264-US

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 2 月 1 7 日

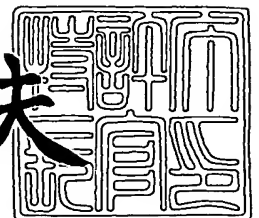
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 3 8 0 1 8
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 3 8 0 1 8]

出 願 人
Applicant(s): 日 産 自 動 車 株 式 会 社

2 0 0 3 年 1 1 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 3 5 5 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 NM02-00721

【提出日】 平成15年 2月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02D 45/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会
社内

【氏名】 永石 初雄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会
社内

【氏名】 小関 孝尚

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会
社内

【氏名】 江頭 猛

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会
社内

【氏名】 中沢 孝志

【特許出願人】

【識別番号】 000003997

【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075513

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 政喜

【選任した代理人】

【識別番号】 100084537

【弁理士】

【氏名又は名称】 松田 嘉夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019839

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706786

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ノッキング指標値算出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

火花点火式エンジンの運転条件を検出する運転条件検出手段と、
前記運転条件を用いて、圧縮上死点後の所定クランク位置に設定した基準クランク角での筒内圧力を推定する基準筒内圧推定手段と、
前記運転条件を用いて、前記基準クランク角での筒内の未燃ガス温度を推定する未燃ガス温度推定手段と、
前記筒内圧力と未燃ガス温度を用いてノッキング指標値を算出するノッキング指標値算出手段
とを備えたノッキング指標値算出装置。

【請求項 2】

前記基準クランク角は圧縮上死点後 10～20 度の範囲内に設定することを特徴とする請求項 1 に記載のノッキング指標値算出装置。

【請求項 3】

前記運転条件として、
吸気弁閉時の筒内圧力と、吸気弁閉時の筒内未燃ガス温度と、燃料の燃焼発熱量とを求め、
これらに基づいて前記基準クランク角での筒内圧力、未燃ガス温度を推定するようにした請求項 1 に記載のノッキング指標値算出装置。

【請求項 4】

前記ノッキング指標値を、燃焼速度を用いて補正するようにした請求項 1 に記載のノッキング指標値算出装置。

【請求項 5】

前記ノッキング指標値算出手段は、ノッキング指標値から M B T 点火時期に対する点火時期遅角補正量を算出する請求項 1 に記載のノッキング指標演算装置。

【請求項 6】

前記ノッキング指標値算出手段は、ノッキング指標値が大であるほど点火時期

遅角補正量が小となる特性を有している請求項5に記載のノッキング指標値算出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、火花点火式エンジンの点火時期制御等に好適な演算装置に関し、より詳しくはノッキング発生を目安となる指標値を算出する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

火花点火式エンジンにおいてノッキングを考慮した点火時期制御を行うものとして、特許文献1に示したようなものが知られている。これはノッキング限界付近の点火時期（トレースノック点）を機種毎に実験により求めてマップ化しておき、これをコントロールユニットにより読み出して点火時期制御を行うものである。

【0003】

【特許文献1】 特開平10-30535号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

前記点火時期マップの作成にあたっては、気温、気圧、湿度、エンジン温度、燃料オクタン価などの条件を安定して計測することが難しいので、条件の調整やそれらに対する感度補正を行うようにしている。このためマップ化のための工数が非常に多くなり、エンジンへのマッチングに時間がかかるという問題がある。また、エンジンの部品や形状・寸法、材質などの仕様がかわればノッキングの起きやすさも変わるため、その変更の都度にあらかじめ工数のかかるマッチング作業が必要となる。

【0005】

【発明の概要】

本発明では、火花点火式エンジンの運転条件から、圧縮上死点後の所定クランク位置に設定した基準クランク角での筒内圧力と未燃ガス温度を求め、これら筒

内圧力と未燃ガス温度を用いてノッキング指標値を算出する。

【0006】

これにより、運転条件に基づいた演算処理によりノッキング指標値つまりノッキングの起こり易さまたは起こり難さが判定できるので、膨大な工数を要する多数のマップに基づいてノッキングに対応する必要がなくなる。

【0007】

すなわち本発明によるノッキング指標値を適用することで、点火時期制御装置等のマッチング工数が減少し、その制御系の演算負荷を軽減することができる。ただし、本発明によるノッキング指標値は、点火時期制御に限られることなく、空燃比などノッキングの発生に関わるエンジン制御要素に幅広く適用することが可能である。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。図1は、本発明のシステムを説明するための概略図である。

【0009】

空気は吸気コレクタ2に蓄えられた後、吸気マニホールド3を介して各気筒の燃烧室5に導入される。燃料は各気筒の吸気ポート4に配置された燃料インジェクタ21より噴射供給される。空気中に噴射された燃料は気化しつつ空気と混合してガス（混合気）を作り、燃烧室5に流入する。この混合気は吸気弁15が閉じることで燃烧室5内に閉じこめられ、ピストン6の上昇によって圧縮される。

【0010】

この圧縮混合気に対して高圧火花により点火を行うため、パワートランジスタ内蔵の点火コイルを各気筒に配した電子配電システムの点火装置11を備える。すなわち、点火装置11は、バッテリーからの電気エネルギーを蓄える点火コイル13と、点火コイル13の一次側への通電、遮断を行うパワートランジスタと、燃烧室5の天井に設けられ点火コイル13の一次電流の遮断によって点火コイル13の二次側に発生する高電圧を受けて、火花放電を行う点火プラグ14とからなっている。

【0011】

圧縮上死点より少し手前で点火プラグ14により火花が飛ばされ圧縮混合気に着火されると、火炎が広がりやがて急速に燃焼し、この燃焼によるガス圧がピストン6を押し下げる仕事を行う。この仕事はクランクシャフト7の回転力として取り出される。燃焼後のガス（排気）は排気弁16が開いたとき排気通路8へと排出される。

【0012】

排気通路8には三元触媒9を備える。三元触媒9は排気の空燃比が理論空燃比を中心とした狭い範囲（ウインドウ）にあるとき、排気に含まれるHC、CO、NO_xといった有害三成分を同時に効率よく除去できる。空燃比は吸入空気量と燃料量の比であるので、エンジンの1サイクル（4サイクルエンジンではクランク角で720°区間）あたりに燃焼室5に導入される吸入空気量と、燃料インジェクタ21からの燃料噴射量との比が理論空燃比となるように、エンジンコントローラ31ではエアフローメータ32からの吸入空気流量の信号とクランク角センサ（33、34）からの信号に基づいて燃料インジェクタ21からの燃料噴射量を定めると共に、三元触媒9の上流に設けたO₂センサ35からの信号に基づいて空燃比をフィードバック制御している。

【0013】

吸気コレクタ2の上流には絞り弁23がスロットルモータ24により駆動される、いわゆる電子制御スロットル22を備える。運転者が要求するトルクはアクセルペダル41の踏み込み量（アクセル開度）に現れるので、エンジンコントローラ31ではアクセルセンサ42からの信号に基づいて目標トルクを定め、この目標トルクを実現するための目標空気量を定め、この目標空気量が得られるようにスロットルモータ24を介して絞り弁23の開度を制御する。

【0014】

吸気弁用カムシャフト25、排気弁用カムシャフト26及びクランクシャフト7の各前部にはそれぞれカムスプロケット、クランクスプロケットが取り付けられ、これらスプロケットにタイミングチェーン（図示しない）を掛け回すことで、カムシャフト25、26がエンジンのクランクシャフト7により駆動されるの

であるが、このカムプロケットと吸気弁用カムシャフト 25 との間に介在して、作動角一定のまま吸気弁用カムの位相を連続的に制御し得る吸気バルブタイミングコントロール機構（以下、「吸気 V T C 機構」という。）27 と、カムプロケットと排気弁用カムシャフト 26 との間に介在して、作動角一定のまま排気弁用カムの位相を連続的に制御し得る排気バルブタイミングコントロール機構（以下、「排気 V T C 機構」という。）28 とを備える。吸気弁 15 の開閉時期や排気弁 16 の開閉時期を変えると燃焼室 5 に残留する不活性ガスの量が変化する。運転条件によっては燃焼室 5 内の不活性ガスの量が増えるほどポンピングロスが減って燃費がよくなるので、運転条件によりどのくらいの不活性ガスが燃焼室 5 内に残留したらよいかを目標吸気弁閉時期や目標排気弁閉時期にして予め定めており、エンジンコントローラ 31 ではそのときの運転条件（エンジンの負荷と回転速度）より目標吸気弁閉時期と目標排気弁閉時期を定め、それら目標値が得られるように吸気 V T C 機構 27、排気 V T C 機構 28 の各アクチュエータを介して吸気弁閉時期と排気弁閉時期を制御する。

【0015】

吸気温度センサ 43 からの吸気温度の信号、吸気圧力センサ 44 からの吸気圧力の信号、排気温度センサ 45 からの排気温度の信号、排気圧力センサ 46 からの排気圧力の信号が、水温センサ 37 からの冷却水温の信号と共に入力されるエンジンコントローラ 31 では、パワートランジスタ 13 を介して点火プラグ 14 の一次側電流の遮断時期である点火時期を制御する。

【0016】

図 2 はエンジンコントローラ 31 内で行われる点火時期制御のブロック図で、主として M B T となる点火時期 M B T C A L を求める部分の詳細を示している。このシステムは、大きくは点火時期演算部 51 と点火時期制御部 61 とからなる。点火時期演算部 51 はさらに初期燃焼期間計算部 52、主燃焼期間計算部 53、燃焼期間計算部 54、基本点火時期計算部 55、前回燃焼開始時期計算部 56、点火時期指令値計算部 57 からなる。

【0017】

初期燃焼期間計算部 52 では、混合気が着火してから火炎核が形成されるまで

の期間を初期燃焼期間 $BURN1$ として計算する。主燃焼期間計算部 53 では、火炎核が形成されてから燃焼圧力が最大値 P_{max} に達するまでの期間を主燃焼期間 $BURN2$ として計算する。燃焼期間計算部 54 では、これら初期燃焼期間 $BURN1$ と主燃焼期間 $BURN2$ との合計を、点火より最大燃焼圧力 P_{max} に至るまでの燃焼期間 $BURN$ として計算する。基本点火時期計算演算部 55 では、この燃焼期間 $BURN$ に基づいて MBT の得られる点火時期（この点火時期を「基本点火時期」という。） MBT_{CAL} を計算する。

【0018】

点火時期指令値計算部 57 では、前記 MBT_{CAL} を、後述する本発明に係る手法により求めたノック限界点火時期 KNK_{CAL} と比較し、より小さい値（より遅い点火時期）を点火時期最小値 $PADV$ として選択し、この点火時期最小値 $PADV$ に各種の補正を加えて点火時期指令値 $QADV$ を算出して点火時期制御部 61 に出力する。

【0019】

点火時期制御部 61 ではこのようにして求められた点火時期指令値 $QADV$ で点火プラグ 14 が燃焼室 5 内の混合気に対して着火するように、イグニッションコイル 13 への通電角と非通電角を制御する。

【0020】

以下、前述した基本点火時期 MBT_{CAL} 、ノック限界点火時期 KNK_{CAL} 、燃焼限界点火時期 CCL_{CAL} の算出手法の一例につき、さらに詳細に説明する。

【0021】

図 3 に示すように MBT （最大トルクの得られる最小進角値）で混合気に点火した場合に混合気の燃焼圧力が最大値 P_{max} となるべきクランク角を基準クランク角 $\theta_{P_{MAX}}$ [deg ATDC] とする。基準クランク角 $\theta_{P_{MAX}}$ は燃焼方式によらずほぼ一定であり、一般に 12～15 度、最大で 10～20 度の範囲内にある。

【0022】

図 4 に火花点火エンジンにおける燃焼室内の燃焼解析により得られた燃焼質量

割合 R の変化を示す。燃焼室に供給された燃料に対する燃焼質量の比率を表す燃焼質量割合 R は、点火時に 0 % であり、完全燃焼によって 100 % に達する。基準クランク角 $\theta_{PMA X}$ における燃焼質量割合 R_{max} は一定で約 60 % である。

【0023】

燃焼質量割合 R が 0 % から基準クランク角 $\theta_{PMA X}$ 相当の約 60 % に達するまでの燃焼期間は、点火直後で燃焼質量割合にも燃焼圧力にもほとんど変化のない期間である初期燃焼期間と、燃焼質量割合と燃焼圧力が急激に増加する主燃焼期間とに分けられる。初期燃焼期間は、燃焼の開始から火炎核が形成されるまでの段階であり、火炎核が形成されるのは燃焼質量割合で 2 % ~ 10 % のタイミングである。この期間中は、燃焼圧力や燃焼温度の上昇速度が小さく、燃焼質量割合の変化に対して初期燃焼期間は長い。初期燃焼期間の長さは燃焼室内の温度や圧力の変化の影響を受けやすい。

【0024】

一方、主燃焼期間においては、火炎核から外側の層流域へと火炎が伝播し、燃焼速度が急上昇する。そのため、主燃焼期間の燃焼質量割合の変化は初期燃焼期間の燃焼質量割合の変化に比べて大きい。

【0025】

エンジンコントローラ 31 では、燃焼質量割合が 2 % に達するまでを初期燃焼期間 $BURN1$ [deg] とし、初期燃焼期間 $BURN1$ の終了後、基準クランク角 $\theta_{PMA X}$ に至るまでの区間（燃焼室量割合でいえば 2 % より約 60 % に達するまでの間）を主燃焼期間 $BURN2$ [deg] として区別する。そして、初期燃焼期間 $BURN1$ に主燃焼期間 $BURN2$ を加えた合計である燃焼期間 $BURN$ [deg] を計算し、この燃焼期間 $BURN$ から基準クランク角 $\theta_{PMA X}$ [deg ATDC] を差し引き、さらに後述する点火時期無駄時間相当クランク角 $IGNDEAD$ [deg] を加えたクランク角位置を、MBT の得られる点火時期である基本点火時期 $MBTCAL$ [deg BTDC] として設定する。

【0026】

火炎核の形成される初期燃焼期間での燃焼室 5 内の圧力、温度は、点火時の圧

力、温度とほぼ等価になるが、これから点火時期を計算しようとしているのに、最初から正確な点火時期を設定することはできない。そこで、図2に示したように前回燃焼開始時期計算部56で基本点火時期の前回値を前回燃焼開始時期MBTCYCL [deg BTDC] として計算し、この値を初期燃焼期間計算部52に対して与えるようにし、初期燃焼期間計算部52において初期燃焼期間の計算をサイクリックに繰り返すことで、精度の高い結果を時間遅れなしに出すようにしている。

【0027】

次に、エンジンコントローラ31で実行される点火時期指令値QADVの計算を以下のフローチャートを参照しながら詳述する。

【0028】

図5は点火時期の計算に必要な各種の物理量を計算するためのものである。なお、図5を含めて、以下の説明にて使用するフローチャートは一定時間、例えば約10ms周期でコントローラ31により繰り返し実行される演算処理の手順を表している。

【0029】

まずステップ11では、吸気弁閉時期IVC [deg BTDC]、温度センサ43により検出されるコレクタ内温度TCOL [K]、温度センサ45により検出される排気温度TEXH [K]、内部不活性ガス率MRESFR [%]、温度センサ37により検出される冷却水温TWK [K]、目標当量比TFBYA、クランク角センサにより検出されるエンジン回転速度NRPM [rpm]、点火無駄時間DEADTIME [μ sec] を読み込む。

【0030】

ここで、クランク角センサはクランクシャフト7のポジションを検出するポジションセンサ33と、吸気用カムシャフト25ポジションを検出するフェーズセンサ34とからなり、これら2つのセンサ33、34からの信号に基づいてエンジン回転速度NRPM [rpm] が計算されている。

【0031】

吸気弁閉時期IVCは吸気VTC機構27に与える指令値から既知である。あ

るいはフェーズセンサ 34 により実際の吸気弁閉時期を検出してもかまわない。

【0032】

内部不活性ガス率 MRESFR は燃焼室内に残留する不活性ガス量を燃焼室内の総ガス量で除した値で、その算出手法は例えば特開 2001-221105 号公報等により知られている。点火無駄時間 DEADTIME は一定値である。

【0033】

目標当量比 TFBYA は図示しない燃料噴射量の計算フローにおいて計算されている。目標当量比 TFBYA は無名数であり、理論空燃比を 14.7 とすると、次式により表される値である。

【0034】

$$TFBYA = 14.7 / \text{目標空燃比} \quad \dots \quad (1)$$

例えば (1) 式より目標空燃比が理論空燃比のとき $TFBYA = 1.0$ となり、目標空燃比が例えば 22.0 といったリーン側の値であるとき、TFBYA は 1.0 未満の正の値である。

【0035】

ステップ 12 では、燃焼室 5 の吸気弁閉時期 IVC における容積（つまり圧縮開始時期での容積）VIVC [m³] を計算する。燃焼室 5 の吸気弁閉時期における容積 VIVC は、ピストン 6 のストローク位置によって決まる。ピストン 6 のストローク位置はエンジンのクランク角位置によって決まる。

【0036】

図 6 を参照して、エンジンのクランクシャフト 71 の回転中心 72 がシリンダの中心軸 73 からオフセットしている場合を考える。コネクティングロッド 74、コネクティングロッド 74 とクランクシャフト 71 との結節点 75、コネクティングロッド 74 とピストンをつなぐピストンピン 76 が図に示す関係にあるとする。このときの、燃焼室 5 の吸気弁閉時期における容積 VIVC は次式 (2) ~ (6) で表すことができる。

【0037】

$$\begin{aligned} VIVC &= f1(\theta_{ivc}) \\ &= Vc + (\pi/4) D^2 \cdot H \quad \dots \quad (2) \end{aligned}$$

$$V_c = (\pi/4) D^2 \cdot H / (\epsilon - 1) \quad \dots (3)$$

$$H = \{ (CND + ST^2/2) - (CROff - PISoff)^2 \}^{1/2} \\ - \{ (ST/2) \cdot \cos(\theta_{ivc} + \theta_{off}) \} \\ + (CND^2 - X^2)^{1/2} \quad \dots (4)$$

$$X = (ST/2) \cdot \sin(\theta_{ivc} + \theta_{off}) - CROff + PISoff \quad \dots (5)$$

$$\theta_{off} = \arcsin \{ (CROff - PISoff) / (CND \cdot (ST/2)) \} \quad \dots (6)$$

ただし、 V_c : 隙間容積 [m³]、

ϵ : 圧縮比、

D : シリンダボア径 [m]、

ST : ピストンの全ストローク [m]、

H : ピストンピン76のTDCからの距離 [m]、

CND : コネクティングロッド74の長さ [m]、

$CROff$: 結節点75のシリンダ中心軸73からのオフセット
距離 [m]、

$PISoff$: クランクシャフト回転中心72のシリンダ中心
軸73からのオフセット距離 [m]、

θ_{ivc} : 吸気弁閉時期のクランク角 [deg ATDC]、

θ_{off} : ピストンピン76とクランクシャフト回転中心72とを
結ぶ線がTDCにおいて垂直線となす角度 [deg]、

X : 結節点75とピストンピン76との水平距離 [m]

吸気弁閉時期のクランク角 θ_{ivc} は前述のように、エンジンコントローラ 31 から吸気 VTC 機構 27 への指令信号によって決まるので、既知である。式 (2) ~ (6) にこのときのクランク角 θ_{ivc} (= IVC) を代入すれば、燃焼室 5 の吸気弁閉時期における容積 V_{IVC} を計算することができる。したがって、実用上は燃焼室 5 の吸気弁閉時期における容積 V_{IVC} は吸気弁閉時期 IVC をパラメータとするテーブルで設定したものをを用いる。吸気 VTC 機構 27 を備えないときには定数で与えることができる。

【0038】

ステップ13では、燃焼室5の吸気弁閉時期IVCにおける温度（つまり圧縮開始時期温度） $TINI$ [K] を計算する。燃焼室5の吸気弁閉時期IVCにおける温度 $TINI$ は、燃焼室5に流入する新気と燃焼室5に残留する不活性ガスとが混じったガスの温度であり、燃焼室5に流入する新気の温度は吸気コレクタ2内の新気温度 $TCOL$ に等しく、また燃焼室5内に残留する不活性ガスの温度は排気ポート部近傍の排気温度 $TEXH$ で近似できるので、吸気コレクタ2内の新気温度 $TCOL$ 、排気温度 $TEXH$ 、燃焼室5内に残留する不活性ガスの割合である内部不活性ガス率 $MRESFR$ から次式により求めることができる。

【0039】

$$TINI = TEXH \times MRESFR + TCOL \times (1 - MRESFR) \quad \dots (7)$$

ステップ14では、燃焼室5内の混合気の燃えやすさを表す反応確率 $RPROBA$ [%] を計算する。反応確率 $RPROBA$ は無次元の値であり、残留不活性ガス率 $MRESFR$ 、冷却水温 TWK [K]、目標当量比 $TFBYA$ の3つのパラメータに依存するので、次式により表すことができる。

【0040】

$$RPROBA = f_3(MRESFR, TWK, TFBYA) \quad \dots (8)$$

具体的に説明すると、 $MRESFR$ 、 TWK 、 $TFBYA$ の3つのパラメータの組み合わせによって得られる反応確率の最大値を100%とし、これらのパラメータと反応確率 $RPROBA$ の関係を実験的に求め、求めた反応確率 $RPROBA$ をパラメータに応じたテーブルとしてエンジンコントローラ31のメモリに予め格納しておく。ステップ14ではパラメータに応じてこのテーブルを検索することにより反応確率 $RPROBA$ を求める。

【0041】

具体的には、冷却水温 TWK に応じて図7に示すような特性を有する水温補正係数のテーブルと、同様に設定された内部不活性ガス率補正係数のテーブル（図示しない）と、目標当量比 $Tfbya$ に応じて図8に示すような特性を有する当量比補正係数のテーブルを予めメモリに格納しておく。各補正係数の最大値はそ

れぞれ 1.0 であり、3 種類の補正係数の積に反応確率の最大値 100% を掛け合わせることで、反応確率 R P R O B A を算出する。

【0042】

各テーブルを説明すると、図 7 に示す水温補正係数は冷却水温 T W K が高いほど大きく、冷却水温 T W K が 80℃ 以上では 1.0 になる。図 8 に示す当量比補正係数は目標当量比 T F B Y A が 1.0 のとき、つまり理論空燃比のときに最大値の 1.0 となり、目標当量比が 1.0 より大きくても小さくても当量比補正係数は減少する。内部不活性ガス率補正係数は図示しないが、内部不活性ガス率 M R E S F R がゼロの場合に 1.0 となる。

【0043】

ステップ 15 では、基準クランク角 $\theta P M A X$ [deg ATDC] を計算する。前述のように基準クランク角 $\theta P M A X$ はあまり変動しないが、それでもエンジン回転速度 N R P M の上昇に応じて進角する傾向があるため、基準クランク角 $\theta P M A X$ はエンジン回転速度 N R P M の関数として次式で表すことができる。

【0044】

$$\theta P M A X = f_4 (N R P M) \quad \cdots \quad (9)$$

具体的にはエンジン回転速度 N R P M から、エンジンコントローラ 31 のメモリに予め格納された図 9 に示す特性のテーブルを検索することにより基準クランク角 $\theta P M A X$ を求める。計算を容易にするために、基準クランク角 $\theta P M A X$ を一定とみなすことも可能である。

【0045】

最後にステップ 16 では、点火無駄時間相当クランク角 I G N D E A D [deg] を計算する。点火無駄時間相当クランク角 I G N D E A D は、エンジンコントローラ 31 から点火コイル 13 の一次電流を遮断する信号を出力したタイミングから点火プラグ 14 が実際に点火するまでのクランク角区間で、次式により表すことができる。

【0046】

$$I G N D E A D = f_5 (D E A D T I M E, N R P M) \quad \cdots \quad (10)$$

ここでは、点火無駄時間 D E A D T I M E を 200 $\mu s e c$ とする。(10)

式は、エンジン回転速度 $NRPM$ から点火無駄時間 $DEADTIME$ に相当するクランク角である点火無駄時間相当クランク角 $IGNDEAD$ を計算するためのものである。

【0047】

図10は初期燃焼期間 $BURN1 [deg]$ を計算するためのもの、また図12は主燃焼期間 $BURN2 [deg]$ を計算するためのもので、一定時間毎（例えば $10msec$ 毎）に実行する。図10、図12は図5に続けて実行する。

図10、図12はどちらを先に実行してもかまわない。

【0048】

まず図10から説明すると、ステップ21では、前回燃焼開始時期 $MBTCYCL [deg BTDC]$ 、図5のステップ12で計算されている燃焼室5の吸気弁閉時期における容積 $V_{IVC} [m^3]$ 、図5のステップ13で計算されている燃焼室5の吸気弁閉時期における温度 $T_{ITI} [K]$ 、エンジン回転速度 $NRPM [rpm]$ 、図5のステップ14で計算されている反応確率 $RPROBA [\%]$ を読み込む。

【0049】

ここで、前回燃焼開始時期 $MBTCYCL$ は、基本点火時期 $MBTCAL [deg BTDC]$ の1サイクル前の値であり、その計算については後述する。

【0050】

ステップ22では燃焼室5の燃焼開始時期における容積 $V_0 [m^3]$ を計算する。前述したように、ここでの点火時期（燃焼開始時期）は今回のサイクルで演算する基本点火時期 $MBTCAL$ ではなく基本点火時期の1サイクル前の値である。すなわち、基本点火時期の1サイクル前の値である $MBTCYCL$ から次式により燃焼室5の燃焼開始時期における容積 V_0 を計算する。

【0051】

$$V_0 = f_6 (MBTCYCL) \quad \dots \quad (11)$$

具体的には前回燃焼開始時期 $MBTCYCL$ におけるピストン6のストローク位置と、燃焼室5のボア径から、燃焼室5の $MBTCYCL$ における容積 V_0 を計算する。図5のステップ12では、燃焼室5の吸気弁閉時期 IVC における容

積 V_{IVC} を、吸気弁閉時期をパラメータとする吸気弁閉時期容積のテーブルを検索することにより求めたが、ここでは $MBTCYCL$ をパラメータとする前回燃焼開始時期容積のテーブルを検索することにより、燃焼室 5 の前回燃焼開始時期 $MBTCYCL$ における容積 V_0 を求めればよい。

【0052】

ステップ 23 では燃焼開始時期における有効圧縮比 E_c を計算する。有効圧縮比 E_c は無次元の値であり、次式に示すように燃焼室 5 の燃焼開始時期における容積 V_0 を燃焼室 5 の吸気弁閉時期における容積 V_{IVC} で除した値である。

【0053】

$$E_c = f_7(V_0, V_{IVC}) = V_0 / V_{IVC} \quad \cdots (12)$$

ステップ 24 では吸気弁閉時期 IVC から燃焼開始時期に至る間の燃焼室 5 内の温度上昇率 $TCOMP$ を次式に示すように有効圧縮比 E_c に基づいて計算する。

【0054】

$$TCOMP = f_8(E_c) = E_c^{\kappa - 1} \quad \cdots (13)$$

ただし、 κ : 比熱比

(13) 式は断熱圧縮されるガスの温度上昇率の式である。なお、(13) 式右辺の「 \wedge 」は累乗計算を表している（以下、同様）。

【0055】

κ は断熱圧縮されるガスの定圧比熱を定容比熱で除した値で、断熱圧縮されるガスが空気であれば $\kappa = 1.4$ であり、簡単にはこの値を用いればよい。ただし、混合気に対して κ の値を実験的に求めることで、一層の計算精度の向上が可能である。

【0056】

図 11 は (13) 式を図示したものである。従って、このような特性のテーブルを予めエンジンコントローラ 31 のメモリに格納しておき、有効圧縮比 E_c に基づき当該テーブルを検索することにより温度上昇率 $TCOMP$ を求めることも可能である。

【0057】

ステップ25では、燃焼室5の燃焼開始時期における温度 T_0 [K] を、燃焼室5の吸気弁閉時期における温度 T_{INI} に温度上昇率 T_{COMP} を乗じること
で、つまり

$$T_0 = T_{INI} \times T_{COMP} \quad \dots \quad (14)$$

の式により計算する。

【0058】

ステップ26では、次式（公知）により層流燃焼速度 SL_1 [m/sec] を
計算する。

【0059】

$$SL_1 = SL_{std} \times (T_0 \times T_{std})^{2.18} \times (P_0 / P_{std})^{-0.16} \dots (15)$$

ただし、 T_{std} : 基準温度 [K] 、

P_{std} : 基準圧力 [Pa] 、

SL_{std} : 基準温度 T_{std} と基準圧力 P_{std} における基準層流燃焼
速度 [m/sec] 、

T_0 : 燃焼室5の燃焼開始時期における温度 [K] 、

P_0 : 燃焼室5の燃焼開始時期における圧力 [Pa]

基準温度 T_{std} と基準圧力 P_{std} と基準層流燃焼速度 SL_{std} は実験により予め
定められる値である。

【0060】

燃焼室5の通常の圧力である2 bar以上の圧力下では、(15)式の圧力項
(P_0 / P_{std})^{-0.16}は小さな値となる。従って、圧力項(P_0 / P_{std})^{-0.16}
を一定値として、基準層流燃焼速度 SL_{std} を基準温度 T_{std} のみで規定すること
も可能である。

【0061】

従って、基準温度 T_{std} が550 [K] で、基準層流燃焼速度 SL_{std} が1.0
[m/sec] で、圧力項が0.7である場合の燃焼開始時期における温度 T_0
と層流燃焼速度 SL_1 との関係は近似的に次式で定義することができる。

【0062】

$$SL_1 = f_9(T_0)$$

$$= 1.0 \times 0.7 \times (T0 / 550)^{2.18} \dots (16)$$

ステップ27では、初期燃焼におけるガス流動の乱れ強さ $ST1$ を計算する。
このガス流動の乱れ強さ $ST1$ は無次元の値であり、燃焼室5に流入する新気の流速と燃料インジェクタ21の噴射燃料のペネトレーションとに依存する。

【0063】

燃焼室5に流入する新気の流速は、吸気通路の形状と、吸気弁15の作動状態と、吸気弁15を設ける吸気ポート4の形状に依存する。噴射燃料のペネトレーションは燃料インジェクタ21の噴射圧力と、燃料噴射期間と、燃焼噴射タイミングに依存する。

【0064】

最終的に、初期燃焼におけるガス流動の乱れ強さ $ST1$ は、エンジン回転速度 $NRPM$ の関数として次式で表すことができる。

【0065】

$$ST1 = f10(NRPM) = C1 \times NRPM \dots (17)$$

ただし、 $C1$: 定数

乱れ強さ $ST1$ を回転速度 $NRPM$ をパラメータとするテーブルから求めることも可能である。

【0066】

ステップ28では層流燃焼速度 $S1$ と乱れ強さ $ST1$ から、初期燃焼におけるガスの燃焼速度 $FLAME1$ [m/sec] を次式により計算する。

【0067】

$$FLAME1 = SL1 \times ST1 \dots (18)$$

燃焼室5内にガス乱れがあるとガスの燃焼速度が変化する。(18)式はこのガス乱れに伴う燃焼速度への寄与(影響)を考慮したものである。

【0068】

ステップ29では、次式により初期燃焼期間 $BURN1$ [deg] を計算する。

【0069】

$$BURN1 = \{ (NRPM \times 6) \times (BR1 \times V0) \}$$

$$\div (\text{PROBA} \times \text{AF1} \times \text{FLAME1}) \quad \cdots \quad (19)$$

ただし、AF1：火炎核の反応面積（固定値）[m²]

ここで、(19) 式右辺のBR1は燃焼開始時期より初期燃焼期間BURN1の終了時期までの燃焼質量割合の変化量であり、ここではBR1 = 2%に設定している。(19) 式右辺の(NRPM × 6)は単位をrpmからクランク角(deg)に変換するための措置である。火炎核の反応面積AF1は実験的に設定される。

【0070】

次に図12のフローに移ると、ステップ31では回転速度NRPM、図5のステップ14で計算されている反応確率PROBAを読み込む。

【0071】

ステップ32では主燃焼におけるガス流動の乱れ強さST2を計算する。このガス流動の乱れ強さST2も初期燃焼におけるガス流動の乱れ強さST1と同様に、エンジン回転速度NRPMの関数として次式で表すことができる。

【0072】

$$\text{ST2} = f_{11}(\text{NRPM}) = C2 \times \text{NRPM} \quad \cdots \quad (20)$$

ただし、C2：定数

乱れ強さST2を回転速度をパラメータとするテーブルから求めることも可能である。

【0073】

ステップ33では、層流燃焼速度SL2 [m/sec]と主燃焼におけるガス流動の乱れ強さST2とから、主燃焼における燃焼速度FLAME2 [m/sec]を次式により計算する。

【0074】

$$\text{FLAME2} = \text{SL2} \times \text{ST2} \quad \cdots \quad (21)$$

ただし、SL2：層流燃焼速度 [m/sec]

(21) 式は(18) 式と同様、ガス乱れに伴う燃焼速度への寄与を考慮したものである。

【0075】

前述のように主燃焼期間 BURN 2 の長さは燃焼室 5 内の温度や圧力の変化の影響を受けにくい。従って、層流燃焼速度 S L 2 には予め実験的に求めた固定値を適用する。

【0076】

ステップ 34 では、主燃焼期間 BURN 2 [deg] を (19) 式に類似した次式で計算する。

【0077】

$$\text{BURN 2} = \{ (\text{NRPM} \times 6) \times (\text{BR 2} \times \text{V 2}) \} \\ \div (\text{PRROBA} \times \text{AF 2} \times \text{FLAME 2}) \quad \dots \quad (22)$$

ただし、V 2 : 燃焼室 5 の主燃焼期間開始時容積 [m³]、

AF 2 : 火炎核の反応面積 [m²]

ここで、(22) 式右辺の BR 2 は主燃焼期間の開始時期より終了時期までの燃焼質量割合の変化量である。初期燃焼期間の終了時期に燃焼質量割合が 2 % になり、その後、主燃焼期間が開始し、燃焼質量割合が 60 % に達して主燃焼期間が終了すると考えているので、 $\text{BR 2} = 60\% - 2\% = 58\%$ を設定している。AF 2 は火炎核の成長行程における平均の反応面積であり、(19) 式の AF 1 と同様に、予め実験的に定めた固定値とする。燃焼室 5 の主燃焼期間開始時における容積 V 2 も固定値である。

【0078】

図 13 は基本点火時期 MBT CAL [deg BTDC] を計算するためのもので、一定時間毎 (例えば 10 msec 毎) に実行する。図 10、図 12 のうち遅く実行されるフローに続けて実行する。

【0079】

ステップ 41 では、図 10 のステップ 29 で計算されている初期燃焼期間 BURN 1、図 12 のステップ 34 で計算されている主燃焼期間 BURN 2、図 5 のステップ 16 で計算されている点火時期無駄時間相当クランク角 IGN DEAD、図 5 のステップ 15 で計算されている基準クランク角 $\theta \text{ P MAX}$ を読み込む。

【0080】

ステップ 42 では、初期燃焼期間 BURN 1 と主燃焼期間 BURN 2 の合計を

燃焼期間 $BURN [deg]$ として計算する。

【0081】

ステップ43では次式により基本点火時期 $MBTCA [deg BTDC]$ を計算する。

【0082】

$$MBTCA = BURN - \theta PMA + IGNDEAD \quad \dots (23)$$

ステップ44では、この基本点火時期 $MBTCA$ から点火無駄時間相当クランク角 $IGNDEAD$ を差し引いた値を前回燃焼開始時期 $MBTCYC [deg BTDC]$ として計算する。

【0083】

このようにして計算した基本点火時期 $MBTCA$ は、後述するノック限界の点火時期と比較され、これらのうちの最小値（最も遅角側の値）が点火時期最小値 $PADV [deg BTDC]$ として選択される。この点火時期最小値 $PADV$ に対して、早期排温上昇のための遅角化、変速時トルクダウンのための遅角化等、各種の補正を加えて、点火時期指令値 $QADV [deg BTDC]$ を算出する。この点火時期指令値 $QADV$ は点火レジスタに移され、実際のクランク角がこの点火時期指令値 $QADV$ と一致したタイミングでエンジンコントローラ31より一次電流を遮断する点火信号が点火コイル13に出力される。

【0084】

また、今サイクルの点火時期指令値としてステップ43で計算された基本点火時期 $MBTCA$ が用いられたとすると、次サイクルの点火時期になるまでの間、ステップ44で計算された前回燃焼開始時期 $MBTCYC$ が図10のステップ22において用いられる。

【0085】

以上のように、本実施形態においては、燃焼室5内の未燃ガス量などの質量計算を行わずに MBT の得られる点火時期である基本点火時期 $MBTCA$ を計算するので、計算負荷を小さく抑えることができる。

【0086】

また、上記(19)式に示したように初期燃焼期間 $BURN1$ を、燃焼開始時

期における燃焼室容積 V_0 と、混合気の燃焼のしやすさを表す反応確率 $RPROBA$ と、燃焼速度 $FLAME_1$ の関数で表している。ここで、燃焼開始時期における燃焼室容積 V_0 が大きいほど、反応確率 $RPROBA$ が小さいほど、燃焼速度 $FLAME_1$ が遅いほど、それぞれ初期燃焼期間 $BURN_1$ が長くなり、結果として基本点火時期 $MBTCA_L$ が進角する。

【0087】

同様に、上記(22)式に示したように主燃焼期間 $BURN_2$ を、主燃焼期間の開始時期における燃焼室容積 V_2 と、混合気のしやすさを表す反応確率 $RPROBA$ と、燃焼速度 $FLAME_2$ の関数で表している。ここで、主燃焼期間開始時期における燃焼室容積 V_2 が大きいほど、反応確率 $RPROBA$ が小さいほど、燃焼速度 $FLAME_2$ が遅いほど、それぞれ主燃焼期間 $BURN_2$ が長くなり、結果として点火時期 $MBTCA_L$ が進角する。

【0088】

このように、燃焼期間 $BURN_1$ と $BURN_2$ を、燃焼期間に影響を与える様々なパラメータの関数として計算することで、燃焼期間 $BURN_1$ と $BURN_2$ を正確に計算することができる。結果として、燃焼期間 $BURN_1$ と $BURN_2$ に基づき計算される基本点火時期 $MBTCA_L$ も高精度に計算することができる。また、燃焼期間 $BURN$ を温度や圧力が大きく影響を受けやすい火炎核成長期間に相当する初期燃焼期間 $BURN_1$ と、温度や圧力の影響の少ない主燃焼期間とに分けて計算しているので、燃焼期間 $BURN$ の計算精度が向上する。燃焼期間 $BURN$ を3以上にさらに分割することで、計算精度のさらなる向上も可能である。

【0089】

なお、ここでは初期燃焼期間 $BURN_1$ の計算に用いる燃焼速度 $FLAME_1$ を層流燃焼速度 SL_1 と乱れ強さ ST_1 の積として、また主燃焼期間 $BURN_2$ の計算に用いる燃焼速度 $FLAME_2$ を層流燃焼速度 SL_2 と乱れ強さ ST_2 の積としてそれぞれ計算しているが、特開平10-30535号公報に記載されているように加算による計算方法で求めても良い。また、初期燃焼期間を燃焼質量割合でゼロから2%まで(つまり $BR_1 = 2\%$)、主燃焼期間を燃焼質量割合で

2～60%まで（つまりBR2＝58%）と規定したが、本発明は必ずしもこの数値に限定されるものでない。

【0090】

次に、前記基本点火時期MBTCA Lを用いて実行する点火時期制御の流れについて図14～図16を用いて説明する。この制御の過程で本発明の特徴とするノッキング指標値（MBTKN）の算出とこれを適用したノッキング限界点火時期（KNKCA L）の算出を行う。

【0091】

図14において、まずステップ81にてシリンダ内で排気されずに残る残留ガスの量MASS Zと温度T eを算出する。残留ガス量MASS Zは燃焼室容積分の残ガス量と吸排気弁オーバーラップ中に排気系から吸気系へ逆流した排気ガスの量を加算して求めることができる。温度T eは吸入空気量等から近似的にテーブルで求めることができる。何れも算出手法そのものは例えば特開2001-221105号公報等により公知である。

【0092】

続いて、ステップ82にて、エアフローメータ32、吸気温度センサ43（図1参照）の出力結果からそれぞれ新気量MASS Aとその温度T aを読み込む。

【0093】

次に、ステップ83では、前記MASS Z、T e、MASS Z、T aを用いて、次の（23）式、（24）式により、それぞれ圧縮開始時（IVT：吸気弁閉時）の混合気温度MASS C、混合気温度T c 0を求める。

$$MASS C = MASS A + MASS Z \quad \cdots \quad (23)$$

$$T c 0 = (MASS A \times T a + MASS Z \times T e) / (MASS A + MASS Z) \quad [K] \quad \cdots \quad (24)$$

また、圧縮開始時の圧力P c 0を、吸気圧力センサ44（図1参照）の出力結果から求める。圧力P c 0は、吸入空気量と回転速度から予測した値を用いてもよい。

【0094】

次のステップ84では、既述した手法によりMBTとなる基本点火時期MBT CALを求める。なお、この実施形態では前記MBT CALの演算過程（図12）で求めた主燃焼期間BURN2を燃焼速度の代表値として後の演算に用いている。

【0095】

ステップ85以降は、ノック限界点火時期KNKC ALの計算をするためのフローである。まずステップ85にてノッキング指標値MBTKNを求める。ノッキング指標値MBTKNはMBT時の燃焼圧最大値クランク角から温度最高値クランク角近傍での瞬間的な自己着火時間(ms)であり、ここでは圧力最大値を示すクランクアングルを13deg ATDC（以下、 $\theta_{PMAX}=13$ 度と表す。）に設定した場合の例を、図17のタイムチャートを参照しながら説明する。なお、 θ_{PMAX} は既述したように通常12～15deg ATDCの範囲内にあり、エンジンの特性にもよるが最大で10～20deg ATDCの範囲内である。

【0096】

最初に $\theta_{PMAX}=13$ 度での平均温度 T_c と圧力（基準筒内圧） P_c とをそれぞれ次の（25）式、（26）式から求める。

$$T_c = T_{c0} \times \epsilon^{p_t-1} + TUP\# \times Q / MASSC \quad [K] \quad \dots \quad (25)$$

$$P_c = P_{c0} \times \epsilon^{p_t} (T_c + TUP\# \times Q / MASSC) / T_c \times VUP\# \quad [ata] \quad \dots \quad (26)$$

ただし、 ϵ : 圧縮比率、

Q : 燃焼発熱量、

$TUP\#$: 温度上昇係数、

p_t : ポリトロップ指数=1.35

$VUP\#$: ガス容積変化率

圧縮比率 ϵ は、吸気弁閉時(IVC)の容積の、 $\theta_{PMAX}=13$ 度時の容積に対する比率である。吸気弁の開閉時期を制御可能な可変吸気弁機構を備えたエンジンではその制御値から求めればよいし、開閉時期固定であれば既知の定数として設定すればよい。さらに精度を上げるには実質吸気量が確定するIVC=実効IVCを用いればよいが、それは回転速度によってクランク角で進角方向に移動

するため、回転速度から ε を求める手法としてもよい。

【0097】

燃焼発熱量 Q は、 $\theta P_{MAX} = 13$ 度での燃焼割合を 60% としたときの混合気の燃焼による発熱量である。

【0098】

温度上昇係数 $TUP\#$ は、前記燃焼発熱量 Q が $MASSC$ の量の混合気を加熱するときの計算に適用する係数である。 $TUP\#$ にはもちろん比熱分も含まれる。

【0099】

ガス容積変化率 $VUP\#$ は、ガソリンと空気の混合気が 60% 燃焼して燃焼途中のガスになったときの分子量変化によるガス容積変化率である。具体的には、1 より若干大きな値 (例えば 1.03 程度) を適用すればよい。

【0100】

また、ピストンの上昇と燃焼ガスの昇温膨張で圧縮された未燃ガスの温度 T を、次式から求める。

$$T = T_{c0} \times \varepsilon^{pt-1} (T_c / T_{c0} \times \varepsilon^{pt-1})^{pt-1} \quad [K] \quad \dots \quad (27)$$

最後に、前述のようにして求めた $\theta P_{MAX} = 13$ 度での圧力 P_c と未燃ガス温度 T を用いて、次式からノッキング指標値 $MBTKN$ を求める。

$$MBTKN = OCT \times P_c^{-1.7} \times \exp(3800/T) \quad [ms] \quad \dots \quad (28)$$

式中の OCT は燃料のオクタン価によって決まる係数であり、例えばハイオクタンガソリンで 15 程度、レギュラーガソリンで 10 程度の値を用いる。この式は素反応の自己着火時間を求める式であり、基本的に従来から知られているものに基づいている。

【0101】

このノッキング指標値 $MBTKN$ は自己着火時間を表しており、この時間が経過すると自己着火、すなわちノッキングが発生することになる。したがって、 $MBTKN$ が小さいほどノッキングが発生しやすいという関係になっている。ただし燃焼室内の温度・圧力は一定ではなく時々刻々と変化するものであるので、こ

のMBTKNはサイクル中の自己着火時間の最小値に相当するものとして求めている。

【0102】

次のステップ86では、ノッキング指標値MBTKNに対する燃焼速度補正係数KNFLVを求める。エンジンのノッキングの発生においては、温度・圧力の変化に応じ、実際の自己着火時間は温度・圧力が高く保持される時間の影響を強く受けるので、燃焼が早いとノックが起きにくく、遅いとノッキングが起きやすい。そこでこの実施形態では、MBT計算で求めた主燃焼期間BURN2を用いて前記補正係数KNFLVを求める。その特性例を図15に示すが、主燃焼期間BURN2が長い、つまり燃焼が遅いと小さな値となり、ノッキングが起きやすい方向に補正される特性となっている。

【0103】

次に、ステップ87にて、前記MBTKNとKNFLVを用いたマップ検索により、トレースノックを得るためのMBTからの遅角量KNRTを求める。図16にその特性例を示すが、縦軸MBTKN×KNFLVで割り付けられ、横軸回転速度Neで割り付けられたマップから遅角量KNRTを求める。これは縦軸の数値が増大するほど、回転速度が低下するほど、遅角量が増大する特性となっている。

【0104】

次のステップ88で、次式からノック限界点火時期KNKCALを求める。

$$\text{KNKCAL} = \text{MBTCAL} - \text{KNRT} \quad \dots \quad (29)$$

ステップ89、90では、MBTCALとKNKCALのうちから小さい方つまり遅角側のものを点火時期最小値PADVとして選択し、これに各種の補正を加えたものを図2の点火時期制御部61に引き渡す点火時期指令値QADVとして設定して今回の処理を終了する。

【0105】

図17のタイムチャートに示したように、筒内圧力Pcはピストン上昇により圧縮され、IVCでの値Pc0から上昇をはじめて上死点まで圧縮される。上死点近傍を過ぎたら、今度は燃焼により圧力が上昇しピーク値Pcを経て、今度は

膨張により低下していく。温度 T は、同じく IVC での温度 T_{c0} を出発点として上死点まで圧縮で上昇し、次に燃焼によりさらに上昇する。

【0106】

ここで3つの波形を示しているが、破線がピストン圧縮分の波形、実線が筒内の平均温度であり、燃焼により大きく上昇する。

【0107】

一点鎖線が未燃ガスの温度であり、本発明の特徴に係るノッキングに直接寄与する温度 T の軌跡である。これは筒内圧 P が燃焼により上昇するため、それにより未燃混合気が圧縮され、温度が上昇するものであるため、平均温度よりも相当低い値となる。また、筒内圧で圧縮されるので、ピークを示すクランク角は筒内圧力に等しい。

【0108】

10～20 deg ATDC のクランク角領域は、通常この領域内でノッキングが最も発生しやすい、つまり自己着火時間が短くなるタイミングであるので、この範囲内で温度および圧力を算出することでノッキングをより精度よく予測することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態に係るエンジンの制御システム図。

【図2】

エンジンコントローラで実行される点火時期制御のブロック図。

【図3】

燃焼室の圧力変化図。

【図4】

燃焼質量割合の変化を説明する特性図。

【図5】

物理量の計算を説明するためのフローチャート。

【図6】

エンジンのクランクシャフトとコネクティングロッドの位置関係を説明するダ

イアグラム。

【図 7】

水温補正係数の特性図。

【図 8】

当量比補正係数の特性図。

【図 9】

基準クランク角の特性図。

【図 10】

初期燃焼期間の計算を説明するためのフローチャート。

【図 11】

温度上昇率の特性図。

【図 12】

主燃焼期間の計算を説明するためのフローチャート。

【図 13】

基本点火時期の計算を説明するためのフローチャート。

【図 14】

本発明を適用した点火時期制御の実施形態の処理手順を表したフローチャート

。

【図 15】

ノッキング指標値の特性図。

【図 16】

トレースノックを与える MBT からの遅角量の特性図。

【図 17】

実施形態の制御に係るタイムチャート。

【符号の説明】

1 エンジン

5 燃焼室

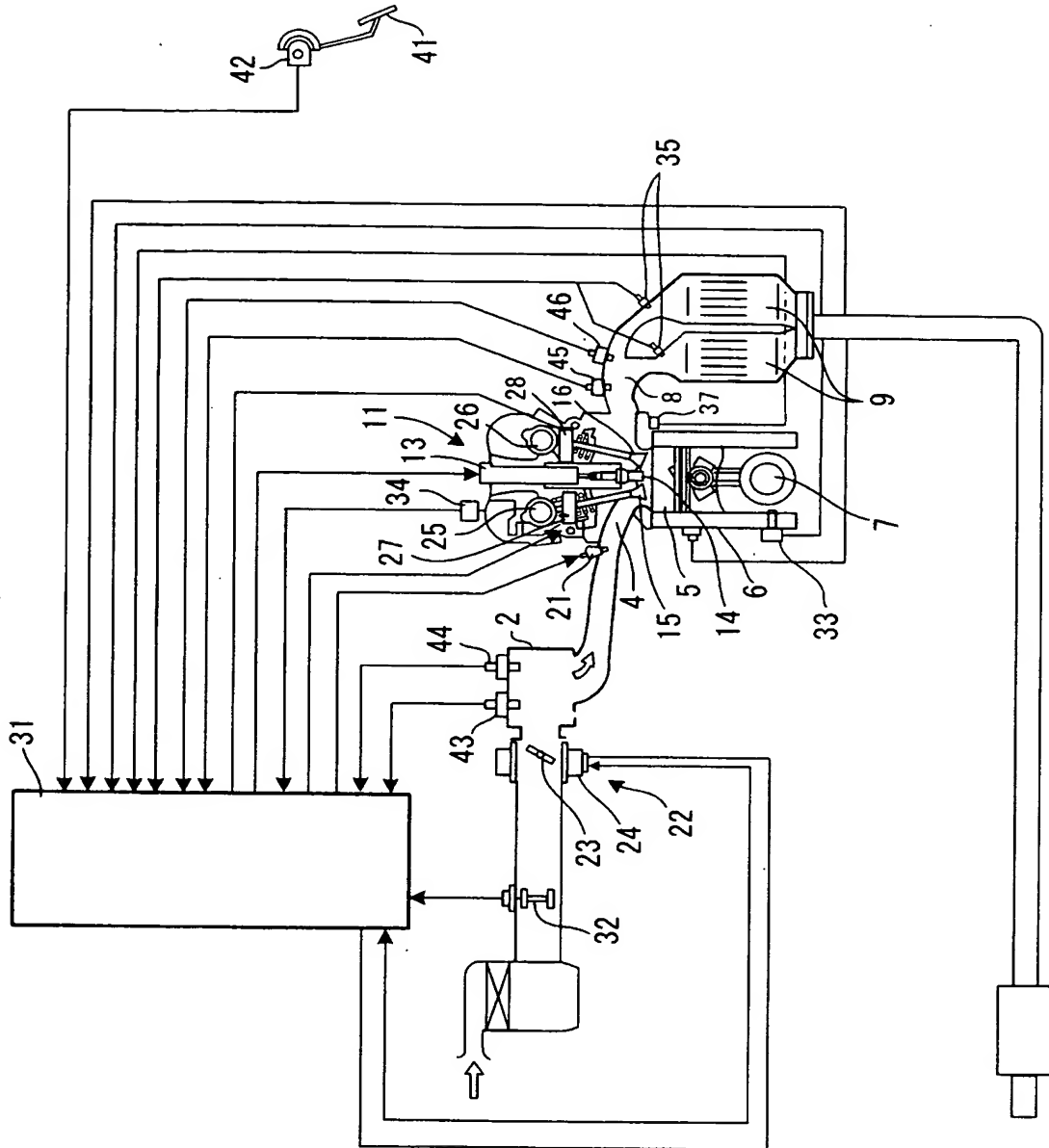
13 点火コイル

14 点火プラグ

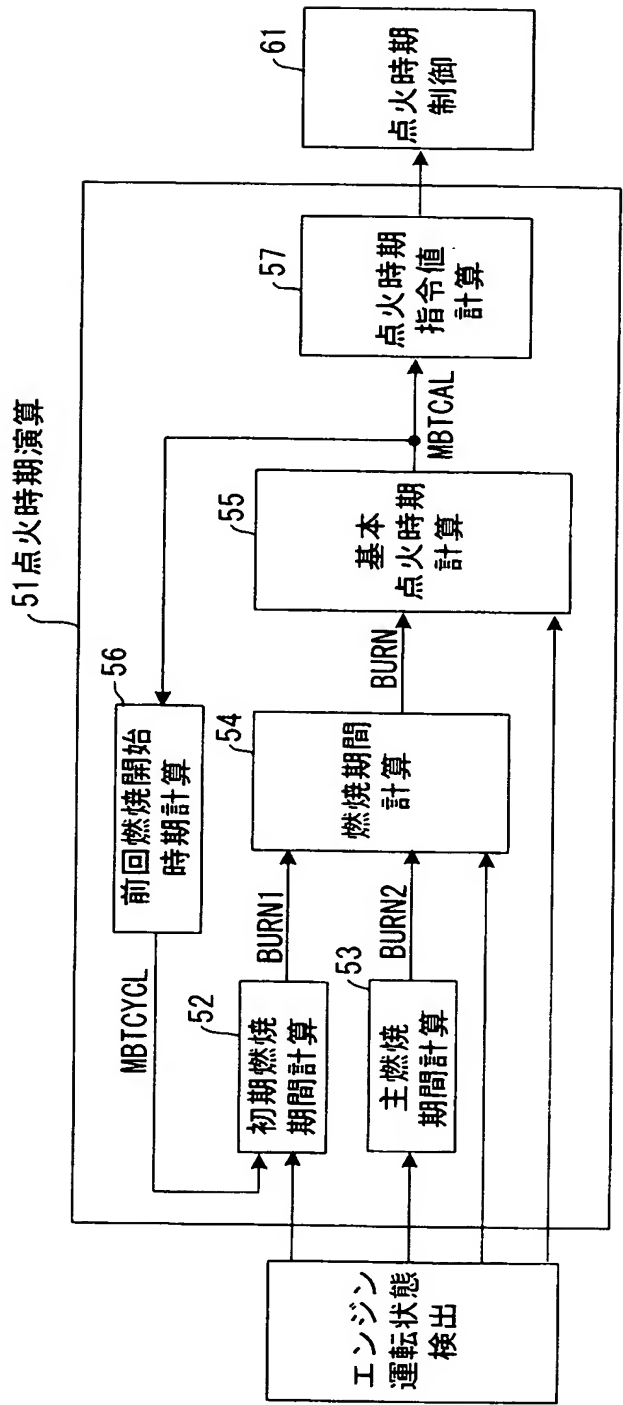
- 1 5 吸気弁
- 1 6 排気弁
- 2 1 燃料インジェクタ
- 2 7 吸気 V T C 機構
- 2 8 排気 V T C 機構
- 3 1 エンジンコントローラ
- 3 3、3 4 クランク角センサ
- 4 3 吸気温度センサ
- 4 4 吸気圧力センサ
- 4 5 排気温度センサ
- 4 6 排気圧力センサ

【書類名】 図面

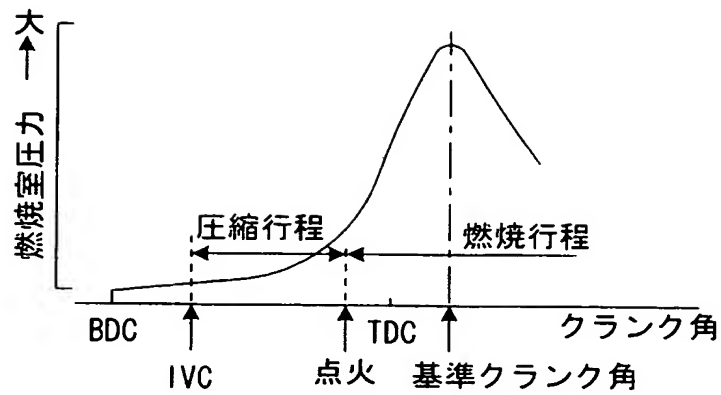
【図 1】



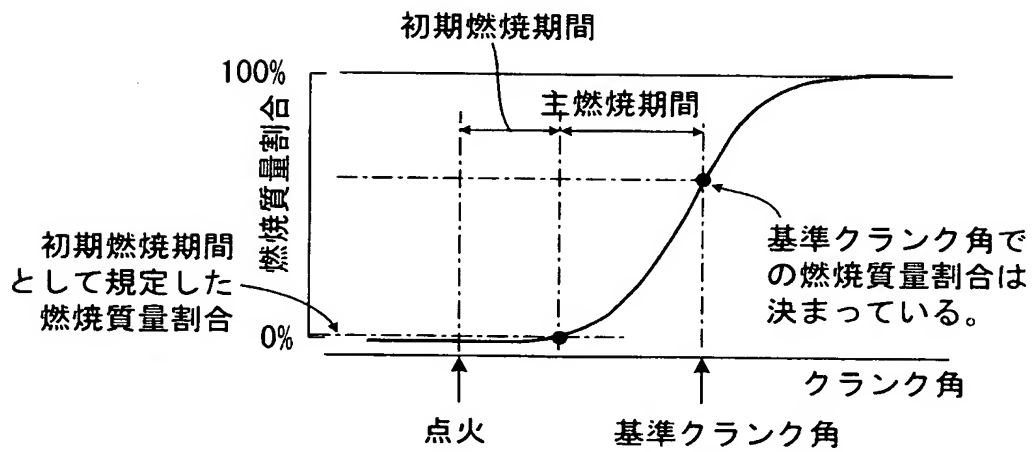
【図 2】



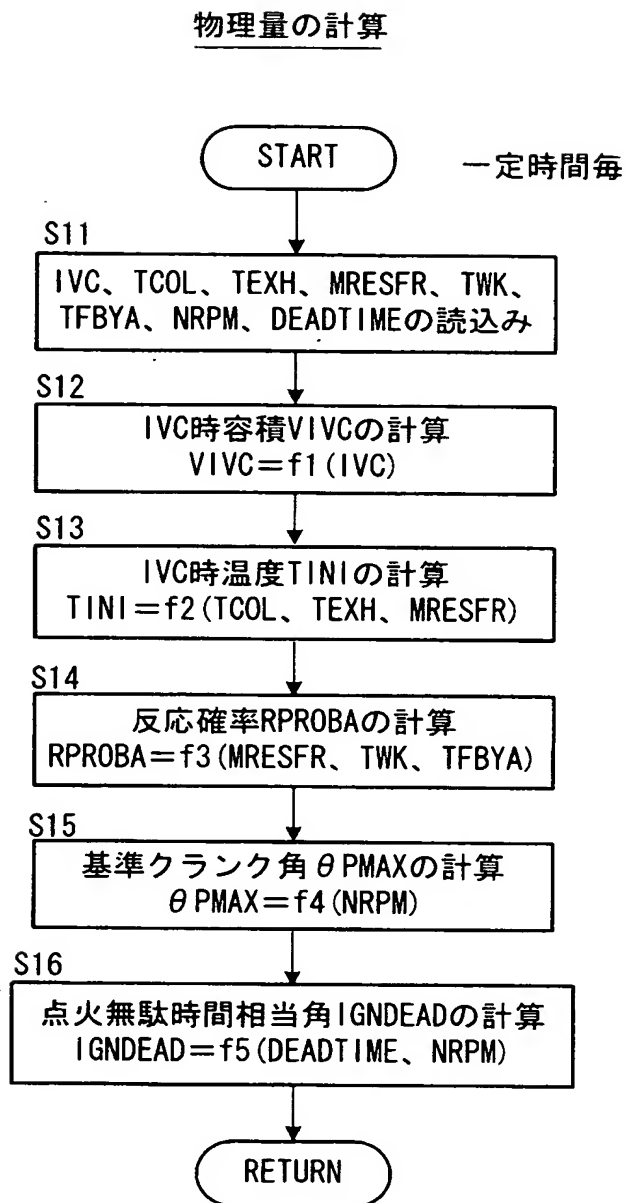
【図 3】



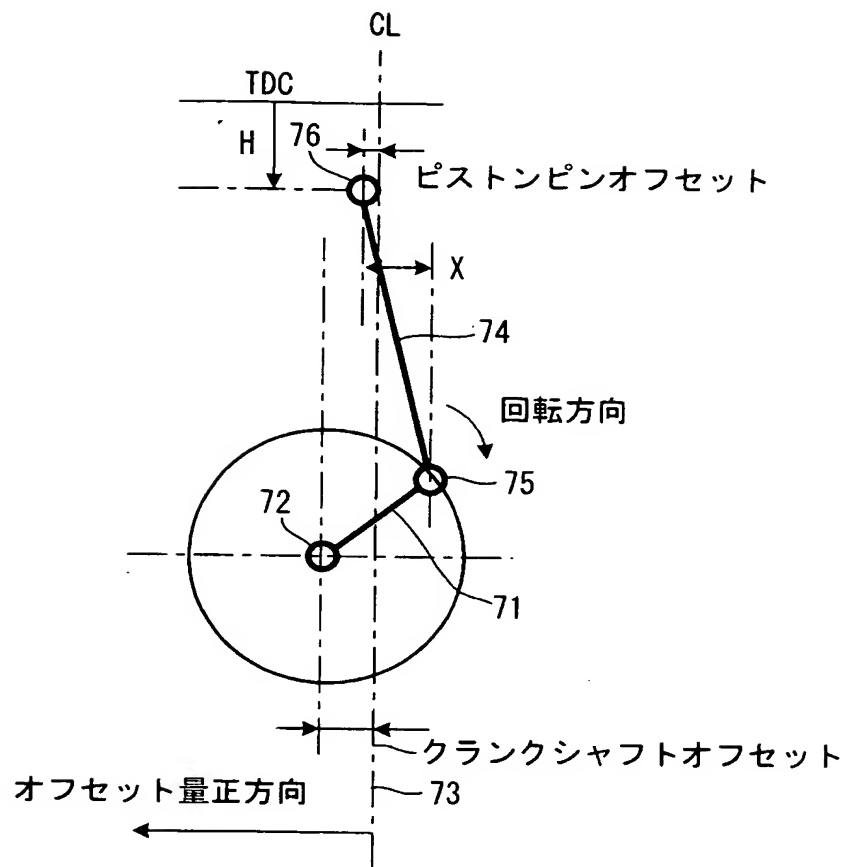
【図 4】



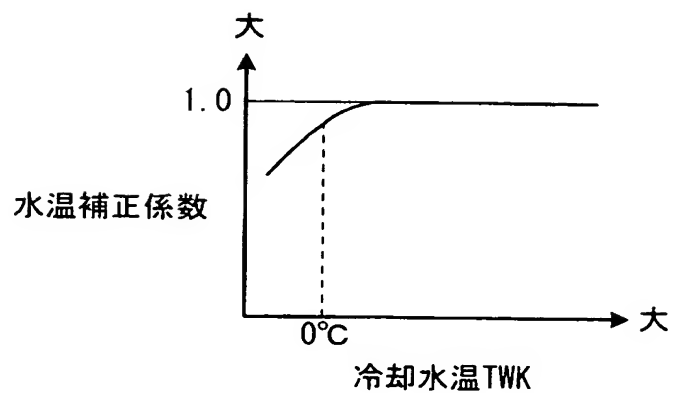
【図 5】



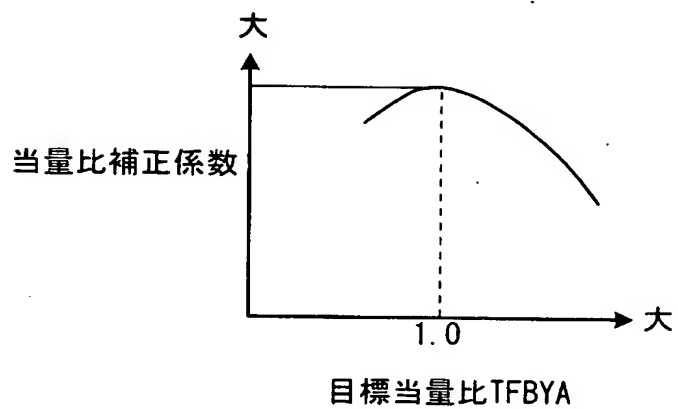
【図 6】



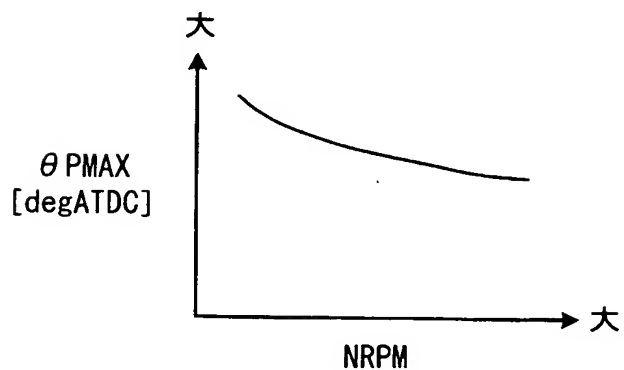
【図 7】



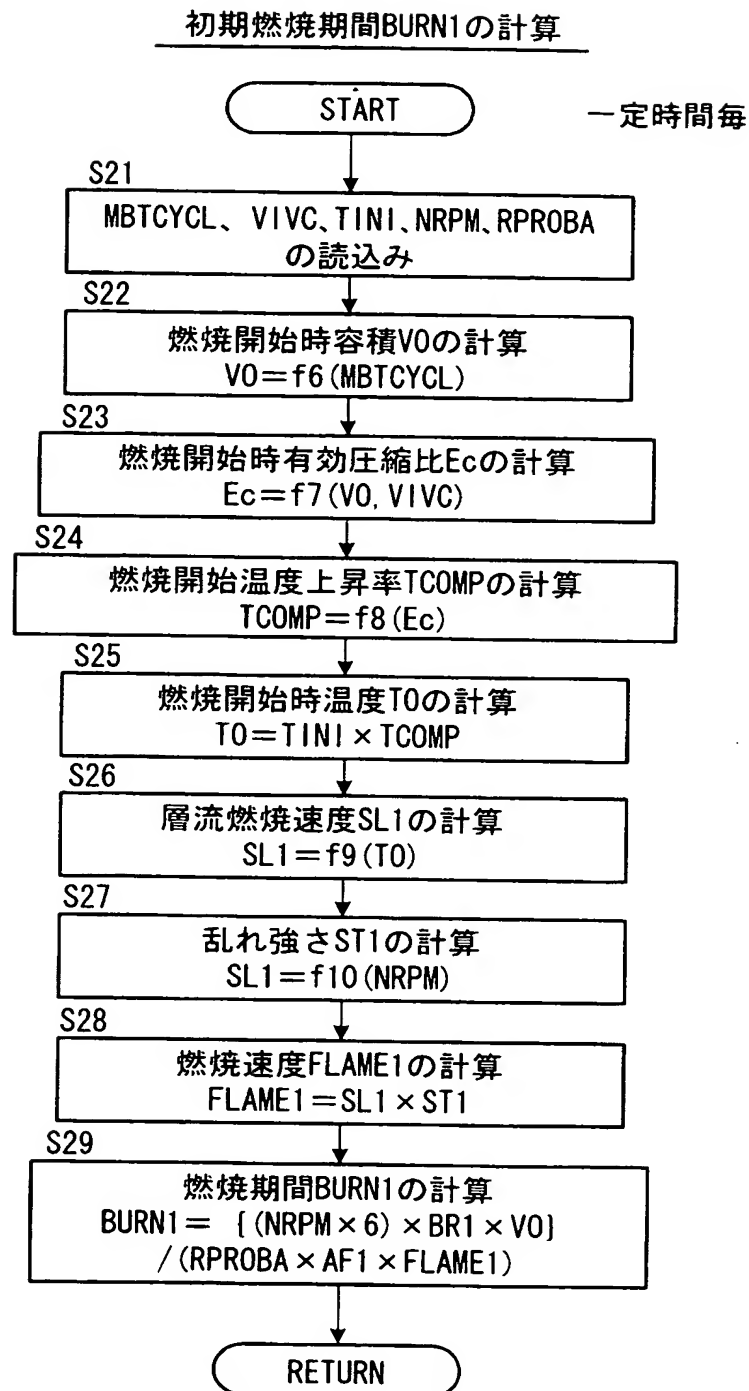
【図 8】



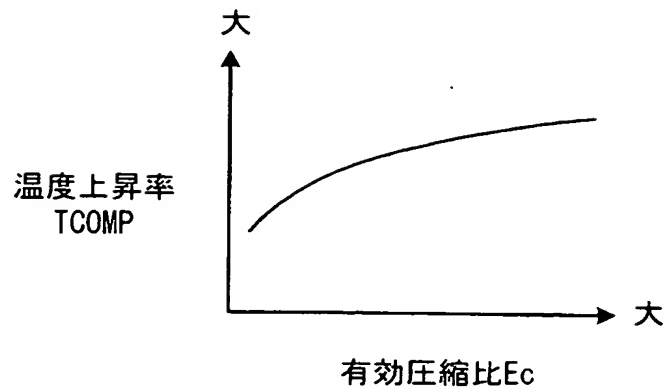
【図 9】



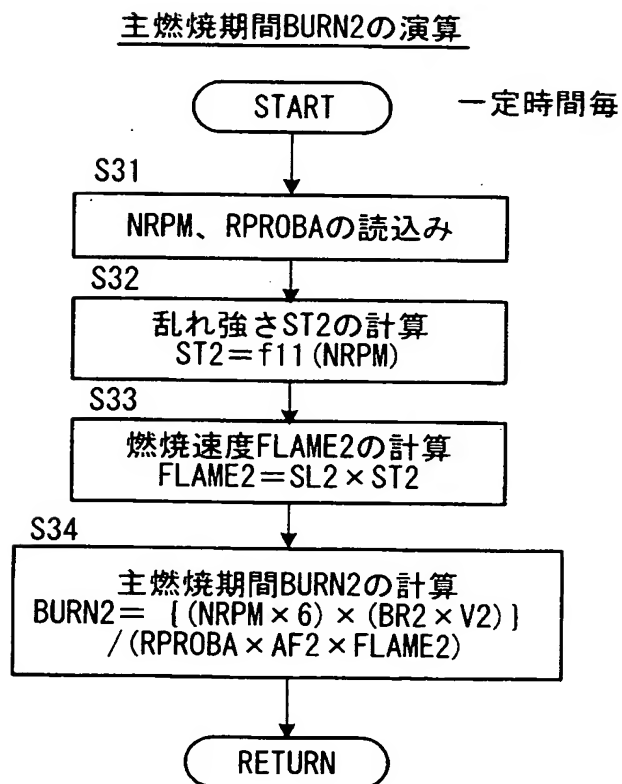
【図10】



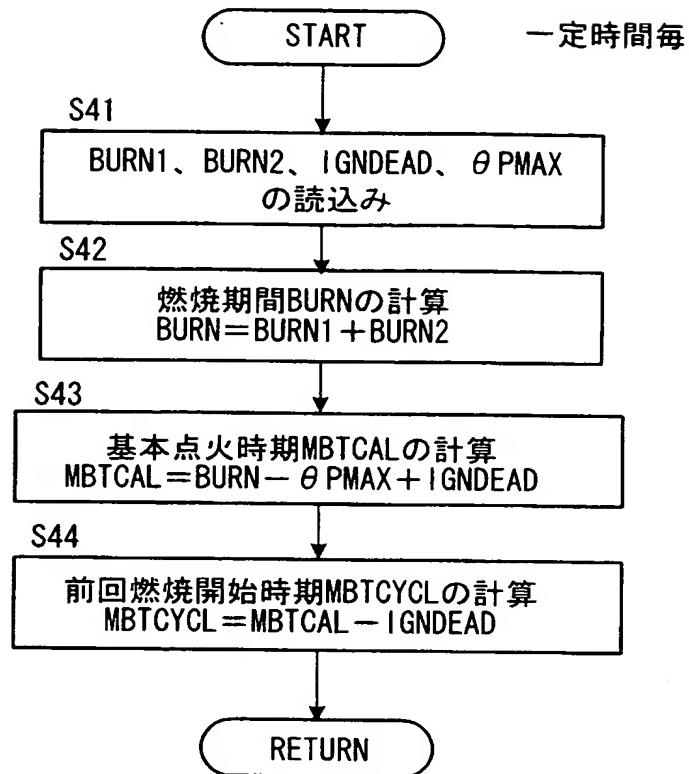
【図 1 1】



【図 1 2】

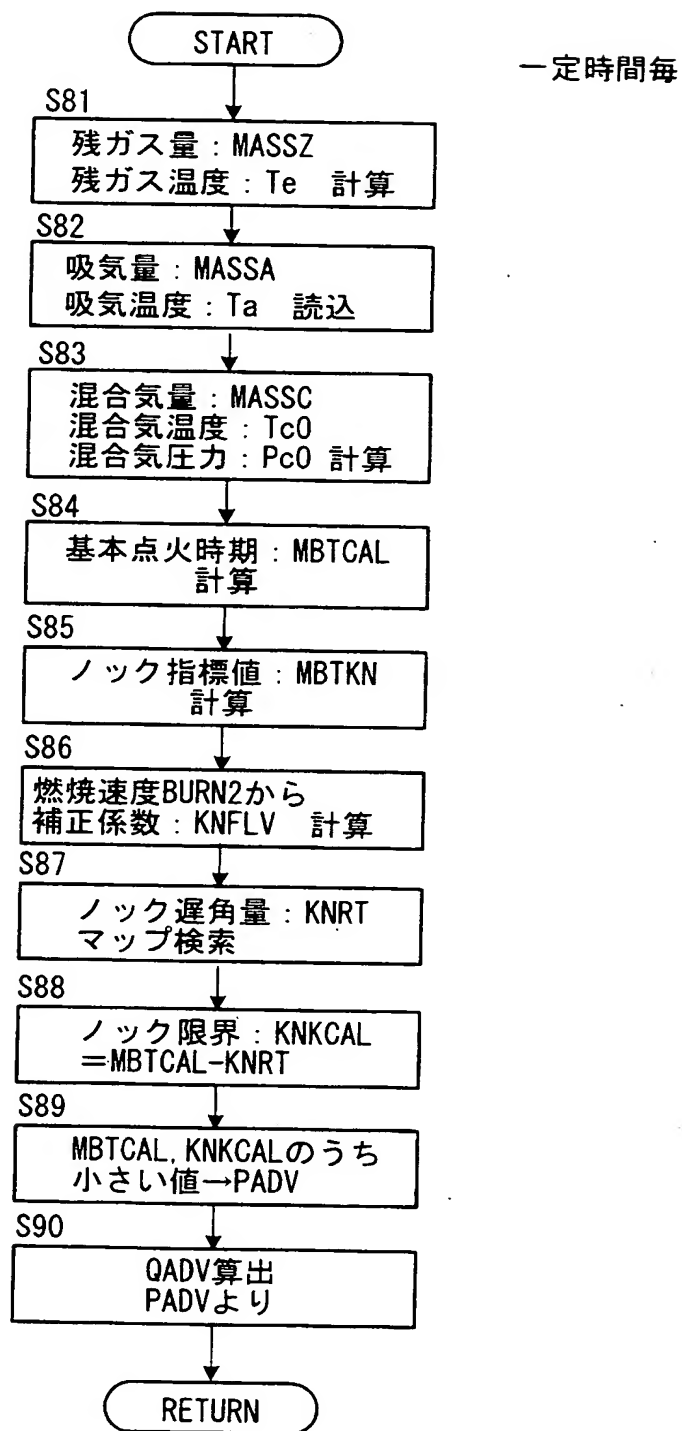


【図 13】

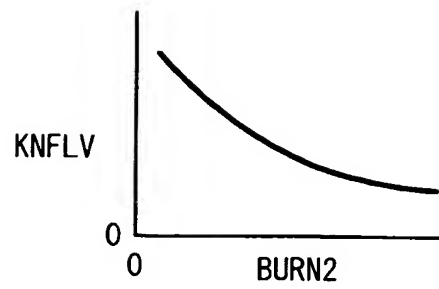
基本点火時期MBTCALの演算

【図 14】

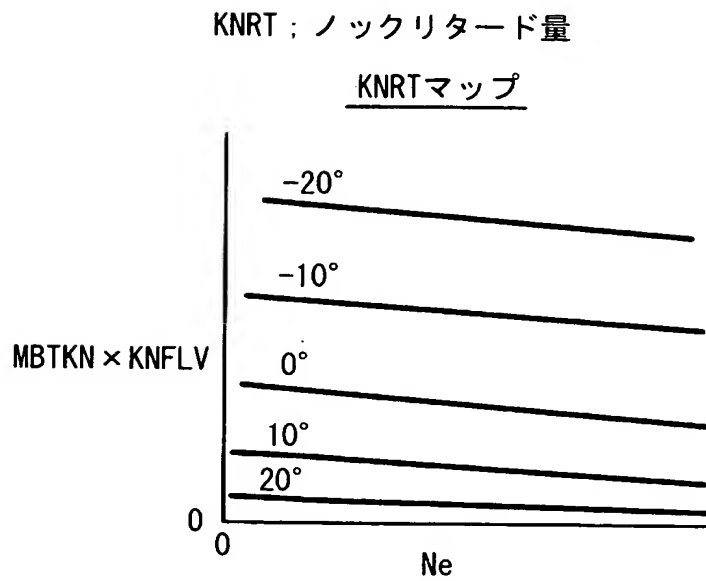
燃焼速度を用いた点火時期の演算



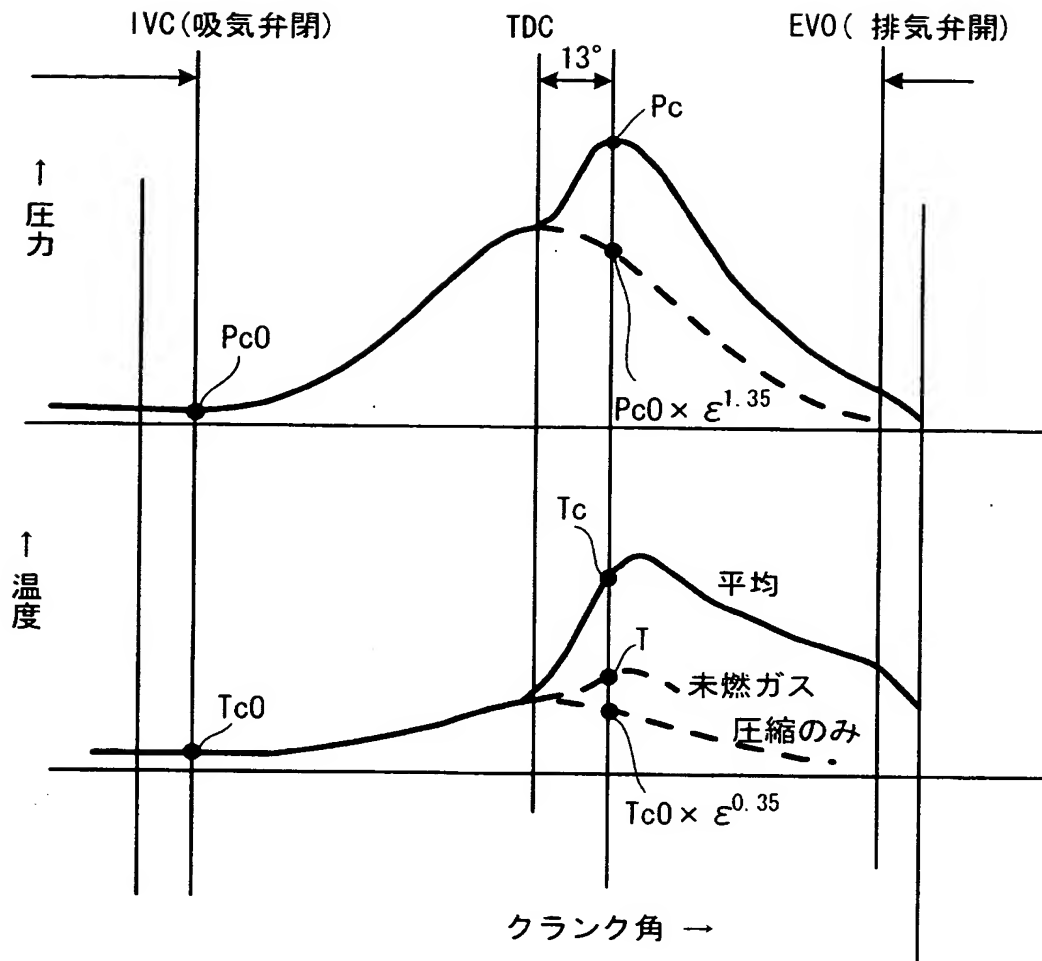
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 火花点火式エンジンのノッキング発生に対応するための点火時期制御等のマッチング工数が膨大となる。

【解決手段】

エンジンの運転条件から、圧縮上死点後10～20度の範囲内に設定した基準クランク角での筒内圧力 P_c と未燃ガス温度 T を求め、これら筒内圧力と未燃ガス温度を用いてノッキング指標値MBTKNを算出する。運転条件に基づいた演算処理によりノッキング指標値つまりノッキングの起こり易さまたは起こり難さが判定できるので、膨大な工数を要する多数のマップに基づいてノッキングに対応する必要がない。

【選択図】 図14

特願 2 0 0 3 - 0 3 8 0 1 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 9 9 7]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地

氏 名

日産自動車株式会社